

дәріс 2. Тұқымқуалайтын ақпараттың жүзеге асырылуы (РЕПЛИКАЦИЯ, ТРАНСКРИПЦИЯ және Трансляция)

Мақсаты:

- тұқымқуалайтын ақпараттың жүзеге асырылу механизмін түсіндіру;
- репликация, транскрипция және трансляцияның кезеңдері және принциптерімен таныстыру.

Жоспары:

- Тұқым қуалайтын ақпараттың берілу бағыттары, Крик постулаты.
- Репликация, анықтамасы және кезеңдері. Қатысатын ферменттер.
- Транскрипция, кезеңдері.
- Процессинг, сплайсинг.
- Алтернативті сплайсинг, оның маңызы.

Әдебиеттер:

- **Б. Албертс, Д Брей, Дж. Льюис и др. Молекулярная биология клетки т. 2 «Мир» 1986**
- **В.И.Иванов, Н.В. Барышникова, Дж. С.Билева и др. Генетика под ред. В.И.Иванова. М., 2006г, стр.147-163**
- **И.Ф. Жимулев. Общая и молекулярная генетика. Новосибирск, 2006, стр.110-123**
- **С.Г. Инге-Вечтомов. Генетика с основами селекции М., Высшая школа, 1989, стр. 122-131**
- **Б. Льюин Гены. ., Мир «1987» стр. 396-430**
- **Н.Н. Мушкамбаров, С.Л. Кузнецов. Молекулярная биология. М., МИА, 2003, стр. 17-60**

Тұқым қуалайтын ақпараттың берілу бағыттары, Крик постулаты:

- ДНК-нан \rightarrow ДНК-на (репликация);
- ДНК-нан \rightarrow РНК-на (транскрипция);
- РНК-нан \rightarrow ақуызға (трансляция);
- РНК-нан \rightarrow ДНК-на ревертаза ферментінің әсерімен (ретранскрипция).
- **Тіршілікте болмайтын бағыт:**
АҚУЫЗДАН \rightarrow ДНК-на.

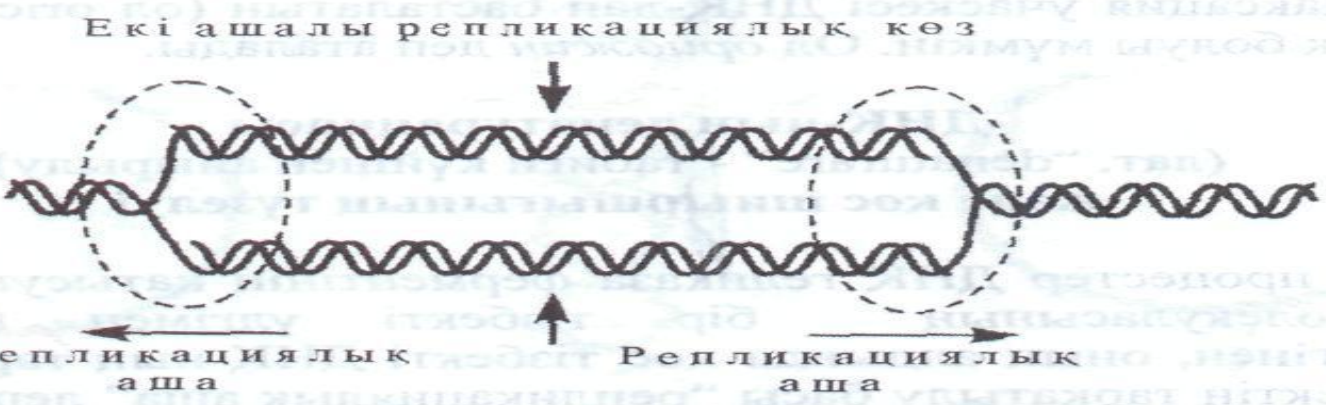
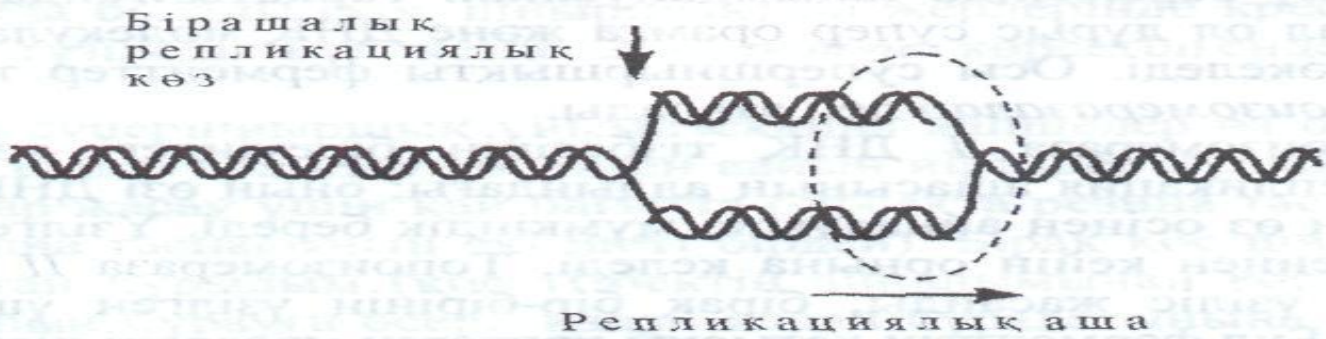
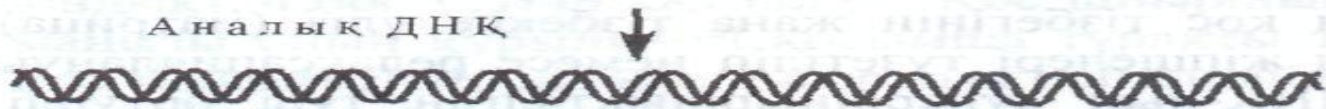
ДНҚ репликациясы деп оның өзін-өзі еселеуін айтады.

- Репликация кезінде ДНҚ молекуласынан ұрпақтан-ұрпаққа берілетін қатесіз көшірмесі алынады.
- Репликациясының басталуынан аяқталатын жеріне дейінгі ДНҚ кесіндісін репликон деп атайды.

Эукариоттардағы сызық тәрізді ДНҚ молекуласының еселену жолдары:

- Оларда полирепликациялар түрінде жүреді.
- Репликация бір немесе бірнеше нүктелерде басталады, қарама қарсы бағытта қозғалады.
- Екі сызық тәрізді жаңа ДНҚ молекулалары түзіледі.

ДНК-молекуласының бір және екі ашалық репликациялану түрлері:



Репликацияның іске асырылу принциптері:

- **Жартылай консервативті;**
- **Антипаралельді;**
- **Симметриялы;**
- **Полярлы;**
- **Үзілмелі;**
- **Комплементарлы;**

Репликацияның кезеңдері:

- **Инициация.** Ферменттері— геликаза, топоизомераза, SSB- ақуыздары және т.б. Олар аналық ДНҚ молекуласындағы репликация басталатын нүктені табады, байланысады, ажыратады.

Геликаза—қос тізбек арасындағы сутектік байланыстарды ажыратады.

Топоизомераза-1 және топоизомераза-2—репликациялық айыр алдында пайда болатын супероралымдарды жояды.

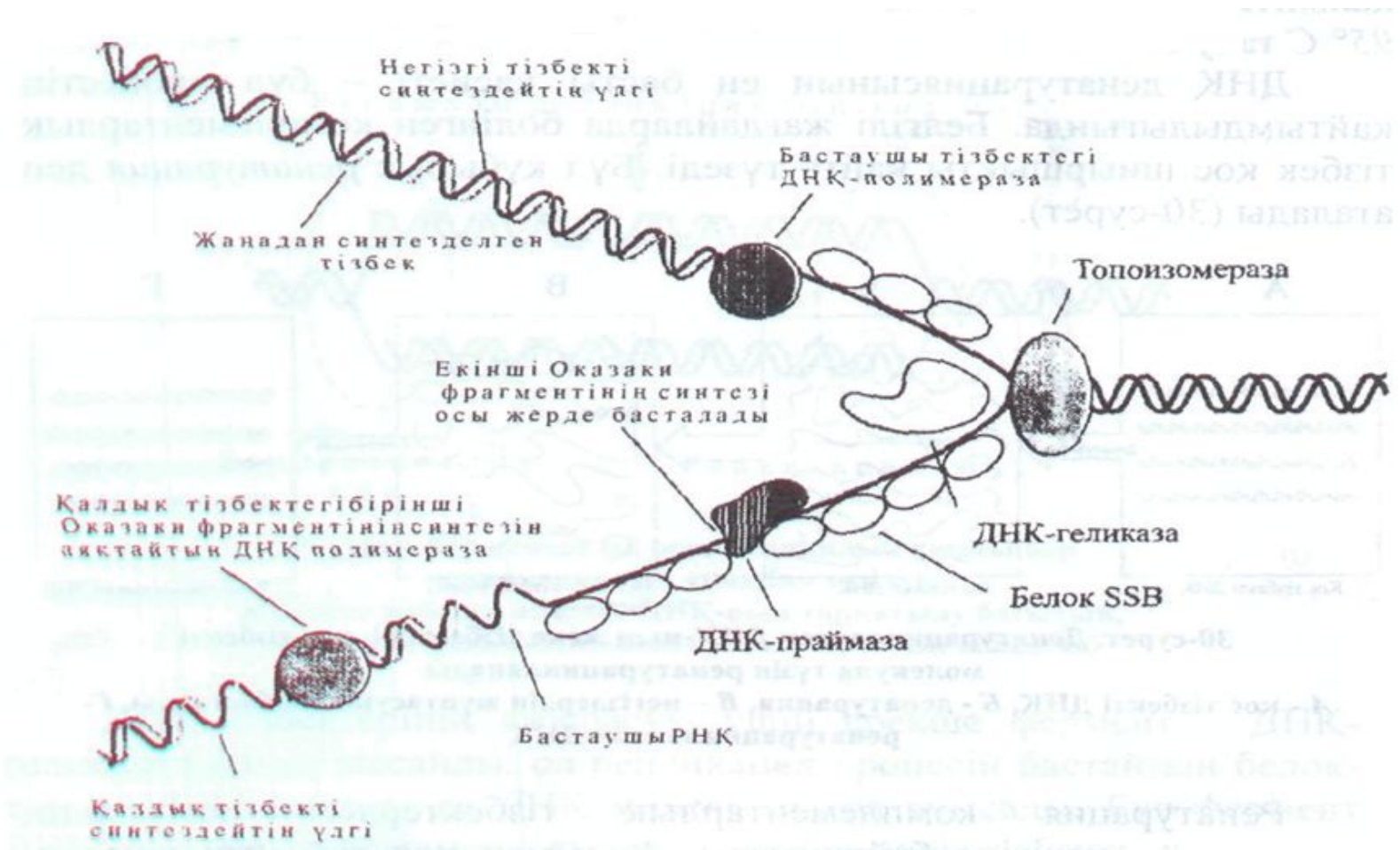
SSD-ақуыздары ажыратылған тізбектерді ұстап, бір-біріне жақындатпайды.

РНҚ-праймаза 3-пен аяқталатын тізбекті тауып, байланысатын РНҚ-праймерді түзеді.

- **Элонгация.** Ферменттері—РНҚ –праймаза, РНҚ праймер, ДНҚ полимеразалар, лигаза және т.б. Олардың қатысуымен ажыратылған аналық тізбектерге комплементарлы, антипаралель жаңа тізбектер полуконсервативті принципте түзіледі. Бір тізбек үздіксіз, ал екіншісі үзілмелі, Оказаки фрагменттері түрінде түзіледі.

- РНҚ-праймер ДНҚ тізбегінің 3'- ұшына ДНҚ-полимеразаны қосады.
- ДНҚ-полимераза аналық тізбекке комплементарлық принципте жаңа тізбекті синтездейді.
- 3' -пен аяқталатын тізбекке қарсы түзілетін жаңа тізбектің синтезі жылдам үздіксіз жүреді. Сондықтан, бұл **тізбекті лидерлік** деп атайды.
- 5'-пен аяқталатын тізбекке қарсы түзілетін жаңа тізбектің синтезі баяу үзілмелі түрде жүреді. Сондықтан, бұл **тізбекті ілесуші** деп атайды.
- **Терминация.** Ішек таяқшасы бактериясында тер-сайттарында аяқталады, ал эукариоттарда екі репликациялық айыр кездескенде байқалады.

ДНК РЕПЛИКАЦИЯСЫ



Репликацияның маңызы:

- Аналық ДНК-ның жаңа екі көшірмесі пайда болады;
- Олар бөліну кезінде жаңа жасушаларға беріледі;
- Репликация кезінде қателер пайда болса, олар түрлі ұрпаққа берілетін патологияларға әкеледі. Мысалы, орақ тәрізді жасушалы анемия және т.б.

Транскрипция

- Ақуыз туралы генетикалық информацияның іске асырылуы екі сатыдан – **транскрипция және трансляциядан.**
- Транскрипция-тұқымқуалайтын ақпараттың іске асырылуының бірінші этапы, ақуыздың құрылымы туралы ДНҚ жазылған **генетикалық ақпараттың матрицасынан а-РНҚ-на информация көшірілінеді.**
- ДНҚ транскрипциясы бір немесе бірнеше гендерден тұратын жеке участкаларында (оперонда) жүреді. Әрбір **ген** транскрипция басталатын **реттеуші бөлімнен (-)**, ақуыздың құрылымы туралы ақпарат жазылған **кодтаушы бөлімнен(+)**, және транскрипция аяқталатын **терминаторлық бөлімнен** тұрады.

- Транскрипция арнайы **РНҚ-полимераза ферментінің** қатысуымен жүреді.
- Ол фермент транскрипциланатын учаскенің басталатын жерін **промоторды танып**, онымен байланысады;
- ДНҚ-ның қос спиралін ажыратады және сол жерінен бастап, тізбектің біреуін көшіреді.
- Көшірілетін учаскенің соңына (**терминаторға**) жеткенде РНҚ матрицадан ажырайды.
- ДНҚ түрлі бөліктерінен **алынатын** көшімелернің саны жасушаға керекті ақуызға байланысты.

РНҚ-полимераза­лардың құрылысы мен қызметтері:

- РНҚ- полимераза про-және эукариоттық ағзалардың бәрінде табылған. **Ішек таяқшасынан (E. coli) бөлініп алынған РНҚ-полимераза** тереңірек зерттелген.
- **РНҚ- полимераза** – жалпы молекулалық салмағы 480000 жуық **күрделі ақуыздық кешен**, бес түрлі ақуыздардың суббірліктерінен: **екі α , β β' және δ фактордан** тұрады.

- **δ – суббірлік** РНҚ полимеразаның транскрипция басталатын ДНҚ арнайы учаскесін – промоторды тану (**транскрипцияның инициациясы**) үшін керек.
- Екі **α , β , β' суббірліктер** кешені **core-фермент** деп аталады, **транскрипцияның элонгациясына** керекті ферменттер.
- δ – суббірліктің core-фермент кешенімен байланысуынан **РНҚ-полимеразаның холензимі** түзіледі.

РНҚ –полимераза ферментінің ерекшеліктері:

- δ -суббірлігінің көмегімен ДНҚ –ның транскрипцияланатын тізбегін таңдап және оның басталу нүктесін таба алады.
- Оның ДНҚ-полимеразадан айырмашылығы, оған ешқандай праймердің (ұйытқының) қажеттігі жоқ. Өзін-өзі коррекциялау механизмінің болмауы.
- Сондықтан РНҚ-полимераза қызметінің дәлділігі ДНҚ-полимеразамен салыстырғанда әлдеқайда төмен.
- **δ - фактор** а-РНҚ синтезі басталысымен **РНҚ холоэнзимі кешенінен босайды.**
- Пайдаланылған δ - фактор керек кезінде қайтадан пайдаланылуы мүмкін.
- Прокариоттарда **мРНҚ, тРНҚ и рРНҚ синтездеуге жалғыз, бір РНҚ-полимераза қатысады** және оның бактерия жасушасындағы мөлшері 500-ден 7000-ға дейін ауытқиды.

- Эукариот жасушаларында үш түрлі РНҚ – полимеразалар (I,II,III) кездеседі. Олардың құрылыстары күрделі, құрамдарында 10-15 суббірліктері болуы мүмкін.
- РНҚ –полимераза I ядрошықта орналасады, рибосоманың құрылымына кіретін рРНҚ-ның бастапқы түрлерін: 18 S, 28 S, 5,8 S РНҚ транскрипциялайды.
- РНҚ –полимераза II ядро шырынында болады, пре – мРНҚ немесе матрицалық РНҚ синтездейді.
- РНҚ –полимераза III ядро шырынында болады, пре – тРНҚ гендерін, 5S рРНҚ гендерін және басқа гя РНҚ-ларды транскрипциялайды.

Транскрипцияның этаптары:

- **1.Инициация**- δ -факторы бар РНК – полимеразаның ДНК-тізбегіндегі промоторды танитын және онымен байланысатын транскрипцияның бірінші этапы.
- Прокариоттар промоторының ұзындығы 80-дей нуклеотидтерге тең болады және олардың құрамында РНК – полимерамен баланысуға керекті екі алты нуклеотидтер реті болады. Бұл нуклеотидтер транскрипцияның басталу нүктесінен «-10» және «-35» жн тең қашықтықта орналасады. «-10» ауданындығы ТАТААТ ретін Прибнов боксы немесе домені деп атайды.
- «-35 » маңында ТТГАЦА нқ орналасқан (Travers 1981). Осы қатарлардың ДНК тізбегінің бірінде орналасуы РНК-полимеразаға ДНК-ның қайсы тізбегін көшіру керекін көрсетеді.
- РНК - полимераза промотормен байланысып, «-10» ауданындағы нуклеотидтер маңындағы ДНК – қос тізбегін ажыратады, «транскрипциялық көзше» пайда болады.

Промотор

Прокариоттар да жиі кездесетін промотордың үш компоненттері: -10, -35 және транскрипция басталатын нүкте.

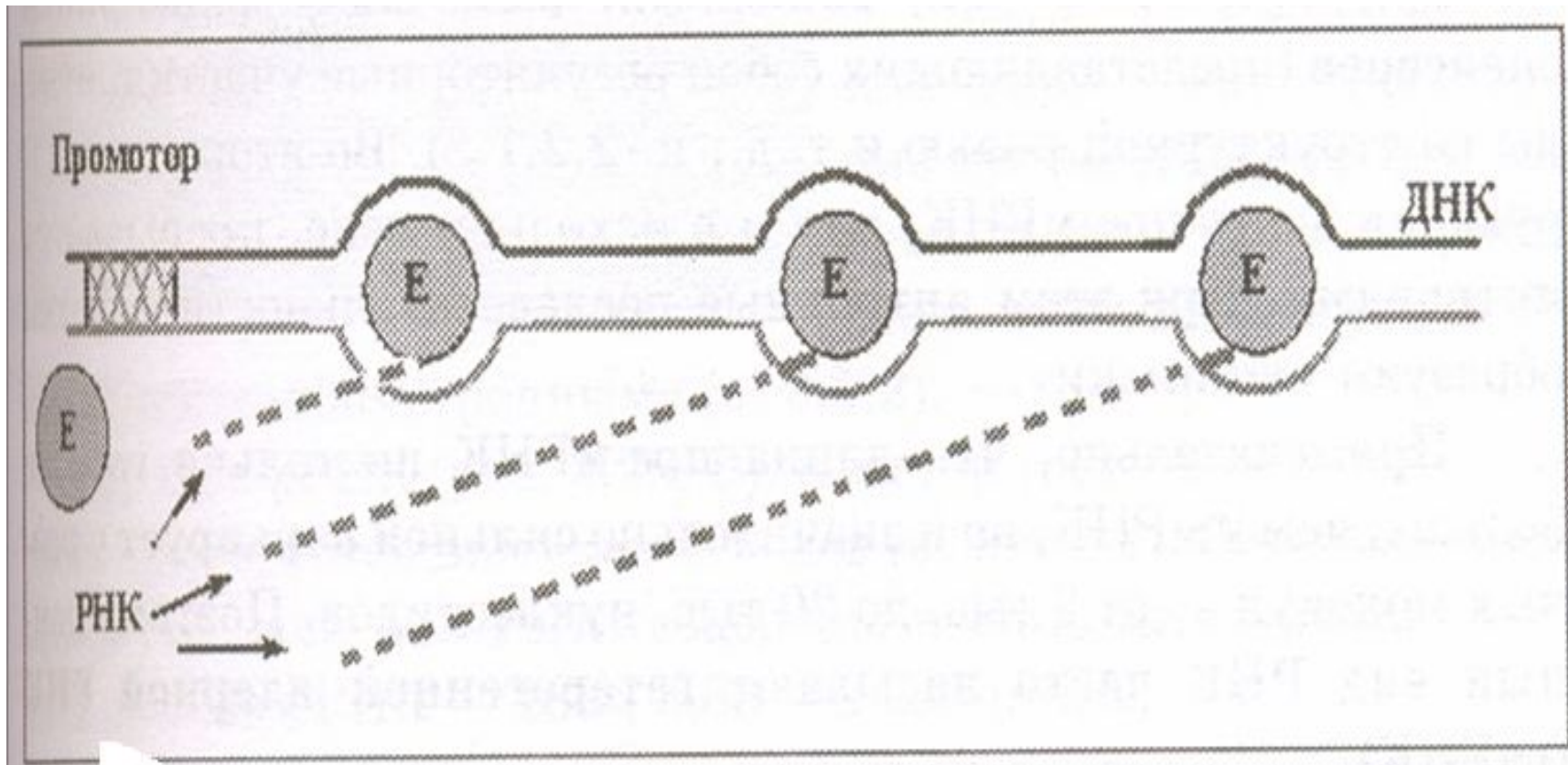


- «Көзше» маңындағы ДНҚ матрицалық тізбегіндегі нуклеотидтер рНТФ-пен (рибонуклеозидтрифосфатпен) байланысуына мүмкіндік пайда болады.
- Синтезде бастаған РНҚ-ға бірінші болып пуриндік нуклеотидтер А немесе Г қосылады, **екінші нуклеотидпен бірінші нуклеотидтің 5',3' аралықтарында фосфорлық байланыс пайда болады**, содан кейін РНҚ – полимерадан δ -фактор бөлінеді.
- **Инициация кезінде** ұзындығы 10 жұп негіздерге тең гибридтік ДНҚ-РНҚ-олигонуклеотид синтезделеді. Осылайша инициация процесі аяқталады.
- **2. Элонгация сатысында:**

Оперонның құрылымдық гендері бойымен РНҚ-полимераза және «транскрипциалық көзше» қозғалады, матрицалық ДНҚ тізбегіне комплементарлы РНҚ синтезделеді.

- **Транскрипциялық кешен (ДНҚ – РНҚ полимераза- РНҚ)** алдындағы ДНҚ жіпшесі ажырайды;
- Оның артынан синтезделген РНҚ-ның 5' ұшын итере отырып, ДНҚ тізбектері қайтадан қосылады.
- Бактериялар жасушаларындағы транскрипцияның орташа жылдамдығы 1 молекула РНҚ – полимеразаға секундына 30-50 нуклеотидке тең.
- **Терминация** - транскрипцияның ақырғы этапы. Терминацияның **сигналы** болып **геннің соңындағы ГЦ-ға бай учаскелері** саналады.
- **ГЦ жұптарының байланыстары мықтылау**, ДНҚ мұндай учаскелерінде денатурация қиындау жүреді. Сондықтан, **РНҚ – полимеразаның қозғалуы баяулайды** және ол **транскрипцияның аяқталуына сигнал** болады.
- **Жаңа синтезделген РНҚ ұшында ГЦ – бай ұштары** пайда болып үлгереді. Өз нуклеотидтерінің арасындағы әрекеттесуге байланысты **«шпилькілер»** түзеді.
- **Бұлар РНҚ-ның ДНҚ-нан ажырауын жеңілдетеді.**

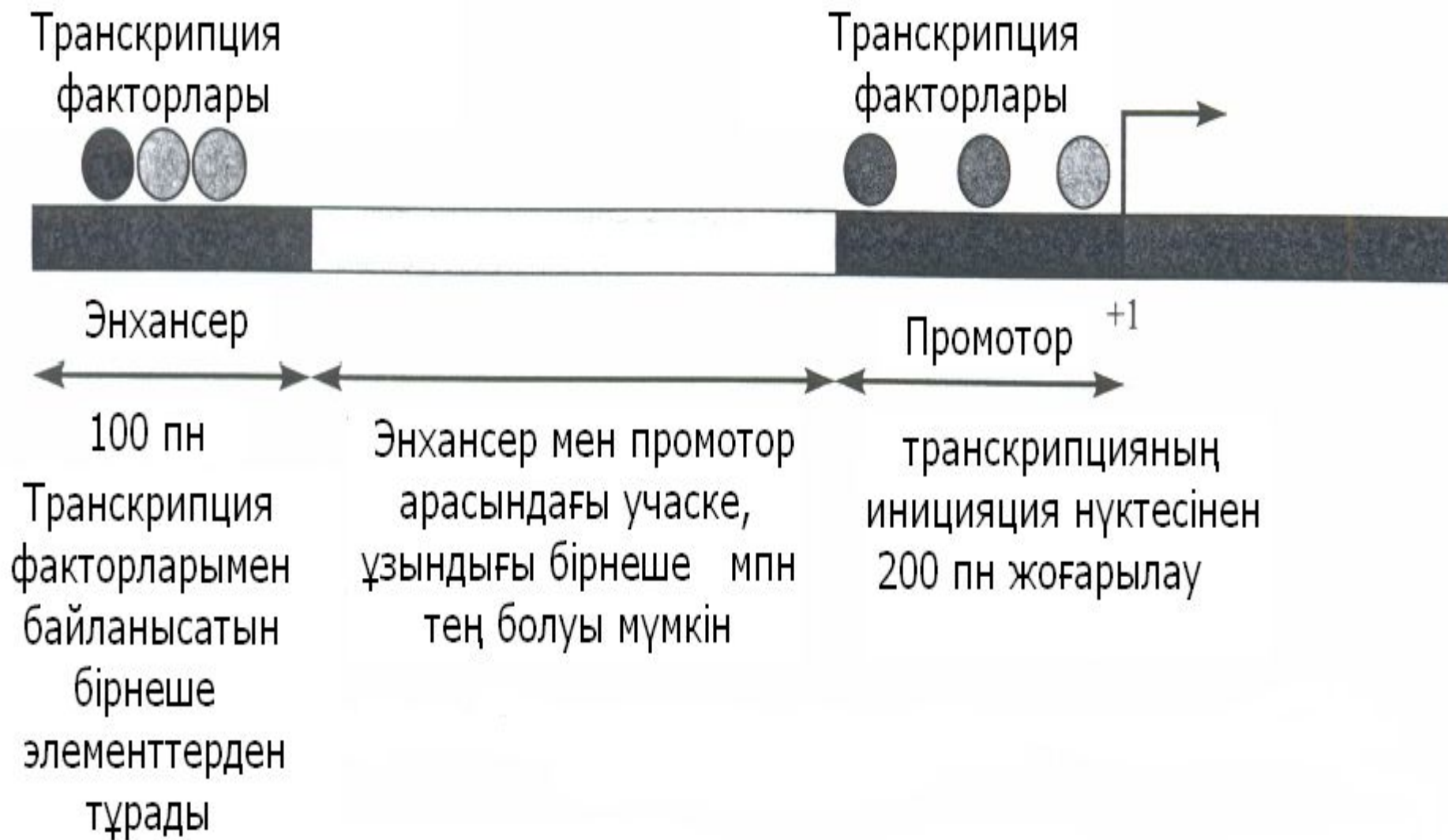
- Транскрипцияланатын **геннің бойында** бірінен кейін бірі қозғалатын **бірнеше РНҚ-полимеразалар** конвейерлік әдіспен **жұмыс істейді.**
- Олардың арасындағы қашықтығы 300-500 н.ж. тең. **Бір генде бірнеше пре-мРНҚ тізбектері синтезделеді.**



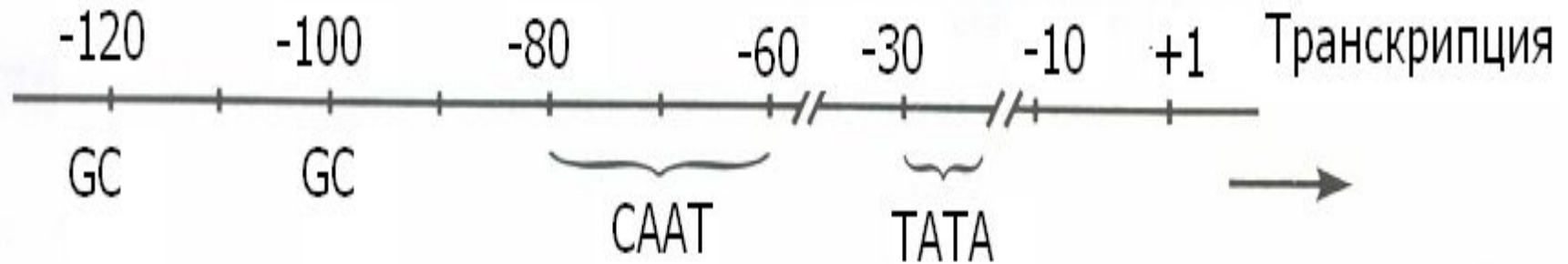
Эукариоттар транскрипциясының ерекшеліктері:

- Эукариоттардың хромосомаларында нуклеосомдық құрылыс болғандықтан, ДНҚ-ның транскрипция жүретін жерлерін гистондардан ажырататын тәсілдер керек.
- Эукариоттар геномында оператор болмайды. Транскрипцияның реттелуіне жалпы транскрипциялық факторлар қатысады.

РНК – полимераза II -мен транскрипцияланатын геннің реттеуші бөлігі құрылымының сызба нұсқасы:



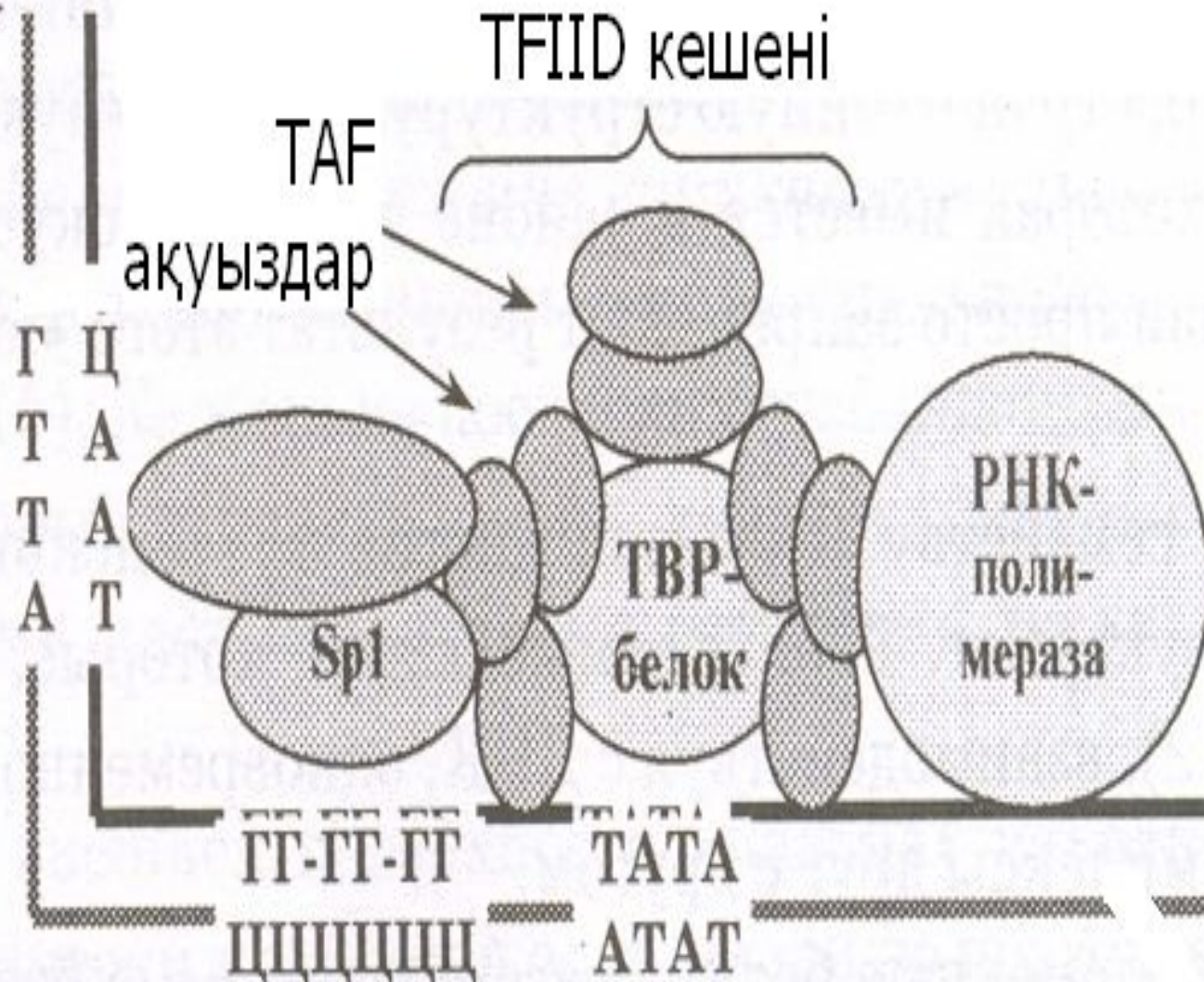
Эукариоттар промоторының құрылымы (Russel, 1998)



+1 транскрипцияның басталатын нүктесі.
TATA транскрипцияның старт нүктесінің таңдалуын бақылайды;
CAAT РНҚ- полимеразамен промотордың бастапқы байланысуын бақылайды.
GC-домендердің көмегімен РНҚ- полимераза транскрипцияның старт нүктесінің маңымен байланысады.

- Транскрипцияның басталу нүктесіне ең жақын орналасатыны ТАТА – домен, Хогнесс домені деп аталады. Одан кейін ЦААТ және ГЦ домендері келеді.
- Эукариоттарда инициация сайтын анықтау үшін, промотор транскрипцияның жалпы факторларымен алдын ала байланысуы керек.
- Транскрипцияның жалпы факторлары РНҚ-полимераза II байланысып, басталу нүктесін қоршайтын кешен түзеді.
- Промотордағы ақуыздар кешенін түзу транскрипцияның ТFIID факторының ТАТА-доменмен байланысуынан басталады.

ДНК

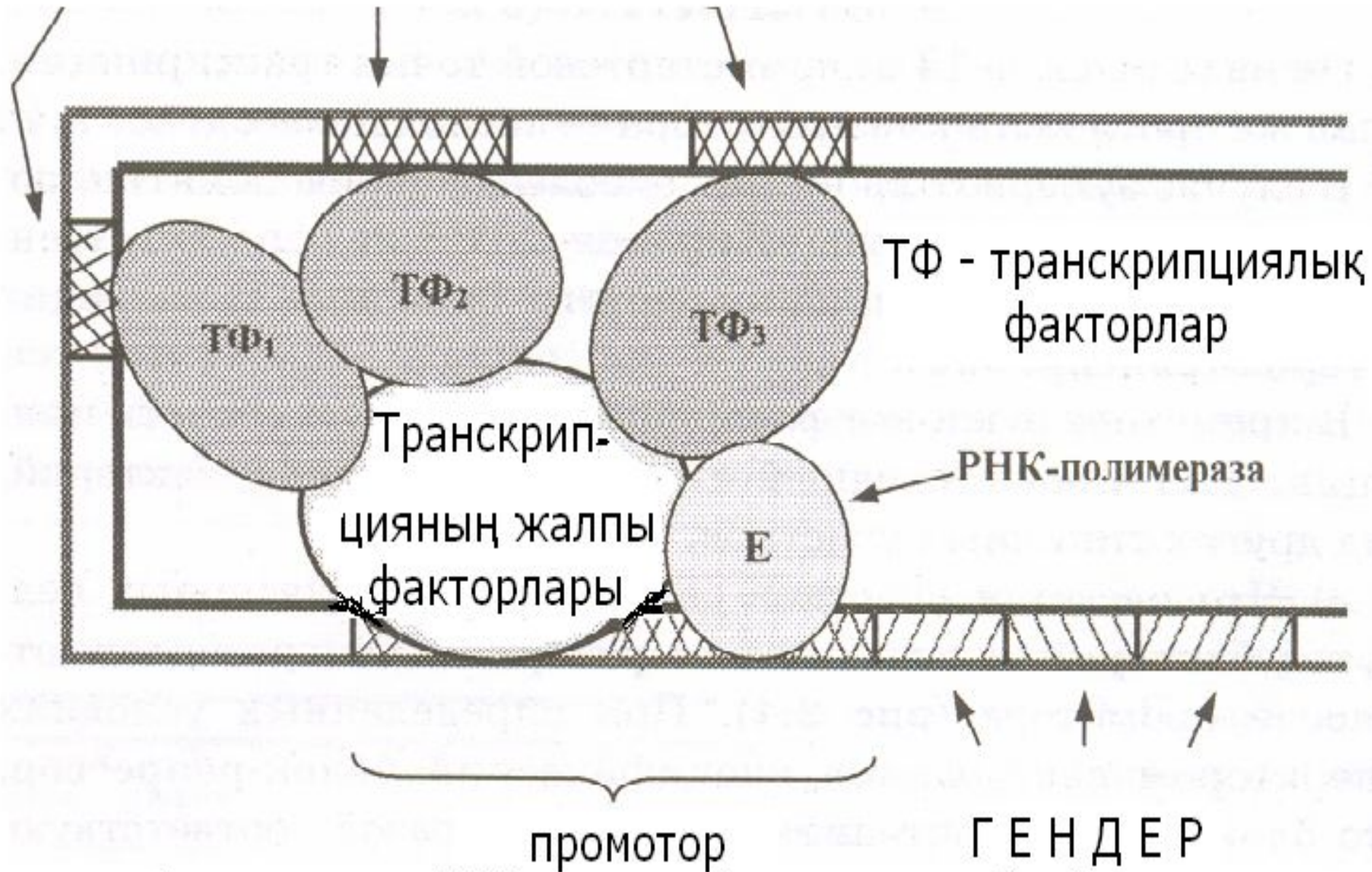


ПРОМОТОР

ЭУКАРИОТТАРДЫҢ транскрипциялық факторлары:

- Инициацияға қатысатын ақуыздық факторлар: IF-1, IF-2, IF-3;
- Элонгацияға қатысатын ақуыздық факторлар: EF-1, EF-2;
- Терминацияға қатысатын ақуыздық факторлар: RF.
- Жалпы транскрипция факторлары мен РНК - полимераза II кешені құрамына 50 жуық ақуыздар кіреді, оларды транскриптосомалар деп атайды.
- Транскрипцияны жеделдету үшін арнайы транскрипция факторлары – энхансерлер қатысады.
- **Энхансерлер** бақылайтын генінен алыс, бірнеше мыңдаған нуклеотидтер жұбына тең, қашықтықта орналасады.
- ДНК ілмектер түзуіне байланысты энхансерлер промоторға жақындайды, транскрипциялық кешеннің белсенділігіне әсер етеді.
- Кейбір маңызды гендердің бірнеше энхансерлері болады.
- ДНК иілулеріне байларысты олардың бәрі бір жерге жиналады.

Энхансерлер



ТФ - транскрипциялық факторлар

РНК-полимераза

Транскрипцияның жалпы факторлары

промотор

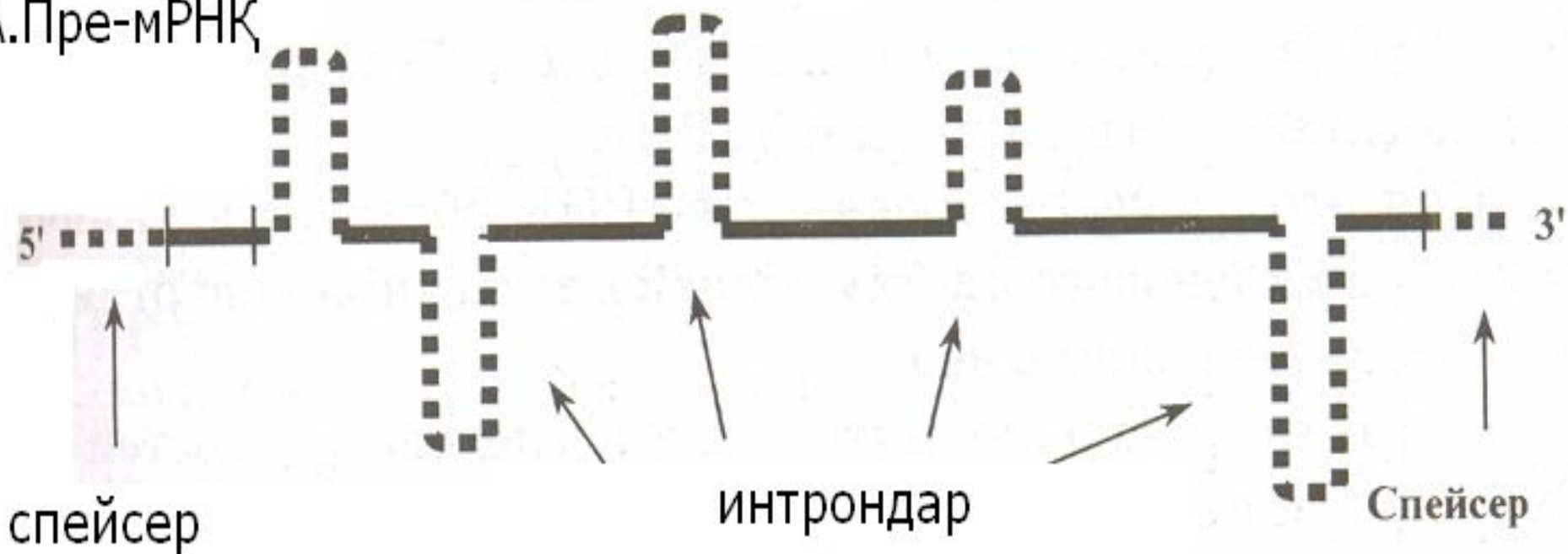
ГЕН ДЕР

Эукариоттар ДНҚ-ындағы функциялық бөлімдер

Транскрипцияның өнімдері

- Эукариоттарда транскрипция нәтижесінде пре-м РНҚ, пре-р РНҚ, пре-т РНҚ синтезделеді.
- Пре – м РНҚ ұзындығы ДНҚ транскрипцияланған учаскесіндей болады, олардың құрамында спейсерлер, экзондар, интрондар бар.
- Интрондар «шпилькалар» түзеді.
- Пре м- РНҚ молекуласының ұзындығы 2 мыңнан, 20 мың нуклеотидтерге ауытқиды.
- РНҚ бұл түрін гетерогенді ядролық РНҚ (гя РНҚ) деп атайды
- Пре м – РНҚ 5' – ұшында қалпағы (КЭП), ал 3' – ұшында – поли (А) – фрагменті болмайды.

А. Пре-мРНК



Б. Пре-рРНК



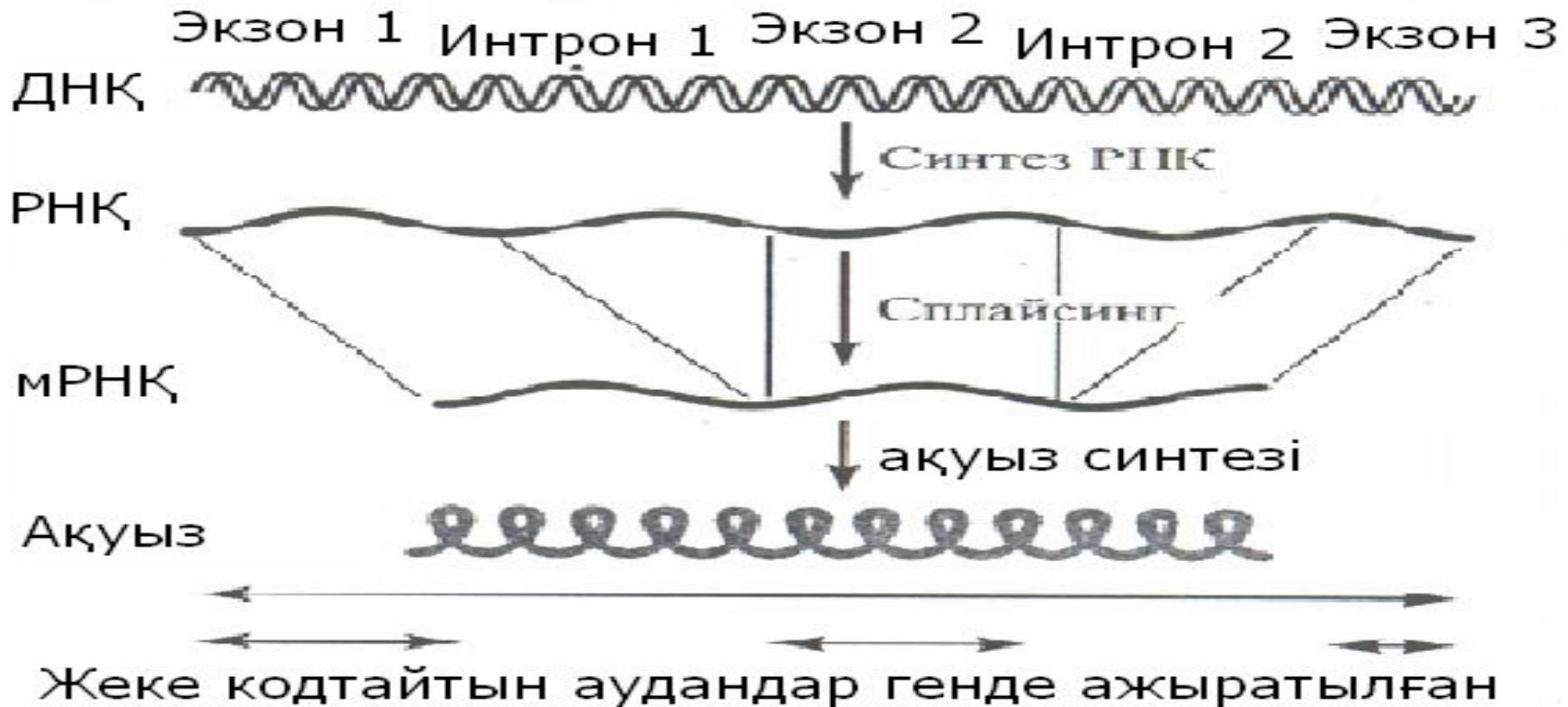
мРНҚ процессингі (пісіп жетілуі)

- Процессингке мРНҚ молекуласының метелденуі және кэптенуі, полиаденилденуі, сплайсинг және тексерілу жатады.

Пре-мРНҚ 5' - ұшына «қалпақ» компоненті 7 – метилгуанилдік нуклеотиді қосылады.

- Кэптеуге гуанилтрансфераза және метилтрансфераза ферменттері қатысады. КЭП мРНҚ стабилизациялану қажет.
- мРНҚ 3- ұшына 200 нуклеотидтен тұратын поли (А)-фрагменті полиаденилатполимераза ферментінің қатысуымен жалғасады.

Ажыратылған генмен кодталатын ақпараттың ДНҚ-дан ақуызға берілу үрдісі:



Альтернативті сплайсинг -

- Бір геннің экзондарының түрліше комбинациялануы нәтижесінде әртүрлі мРНҚ пайда болады.
- Альтернативтік сплайсинг бір геннен бірнеше түрлі мРНҚ молекулалары алынады. Олар экзондар жиынтығымен ажыратылады, ұқсас немесе түрлі функциялар атқарады.

Бақылау сұрақтары:

- Репликация қай уақытта жүреді?
- Репликацияның қандай этаптары бар ?
- Репликацияға қайдай ферменттер қатысады ?
- Репликацияның медицинадағы маңызы.
- Эукариоттардың сызық тәрізді ДНҚ транскрипциялану ерекшеліктері, кезеңдері, қатысатын ферменттері.
- Прематрицалық а-РНҚ-ның ерекшеліктері.
- Альтернативті сплайсингтың маңызы.

ГЕНЕТИКАЛЫҚ КОД:

- Полипептидтік тізбектегі аминқышқылдарының орналасу ретін анықтайтын ДНҚ тізбегіндегі нуклеотидтер қатарынан тұратын жүйе. ДНҚ-дағы “4 - нуклеотид полипептидтер құрамына кіретін 20-аминқышқылдарының орналасу ретін” анықтайды
- Генетикалық ақпарат ДНҚ-ының бір тізбегінен ғана көшіріледі. Ол тізбек 3' басталады, матрицалық тізбек деп аталады.

ГЕНЕТИКАЛЫҚ КОДТЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ:

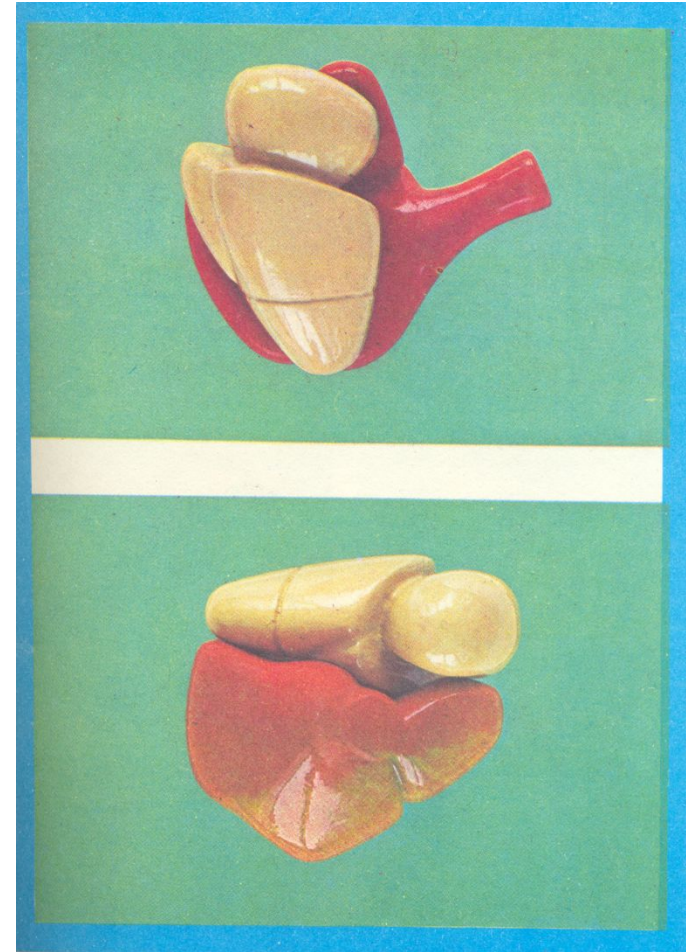
- **ТРИПЛЕТТІЛІГІ.** ДНҚ тізбегіндегі қатар тұрған үш нуклеотид-триплет(кодон) бір аминқышқылын анықтайды. Триплет- генетикалық кодтың бірлігі.
- **АРТЫҚШЫЛЫҒЫ, молшылығы.** Генетикалық кодта 61 кодон бар, ал амин қышқылдарының саны 20. Сонымен, бір аминқышқылы 2 немесе одан да көп триплеттермен анықталады, тек метионин мен триптофан ғана бір триплетпен кодталады.
- **Арнайылығы.** Әр триплет тек белгілі бір аминқышқылын анықтайды.
- **Үздіксіздігі.** Генетикалық кодта нукте немесе үтірлер болмайды, триплеттер бірінен соң бірі орналасады. АУУЦГГУУУГГЦ...
- **Қайта жабылмайтындығы.** Қатар орналасқан нуклеотидтер бір ғана кодонға кіреді. АУУЦГУУУУААГГЦЦ...
- **Колинеарлығы.** Кодондардың реті аминқышқылдарының ретінеүйлесімді болады.
- **Универсалдығы.** Барлық тірі ағзалардағы генетикалық код бірдей, кейбір ерекшеліктері болмаса.

Ақуыздың синтезі РИБОСОМАДА жүреді.

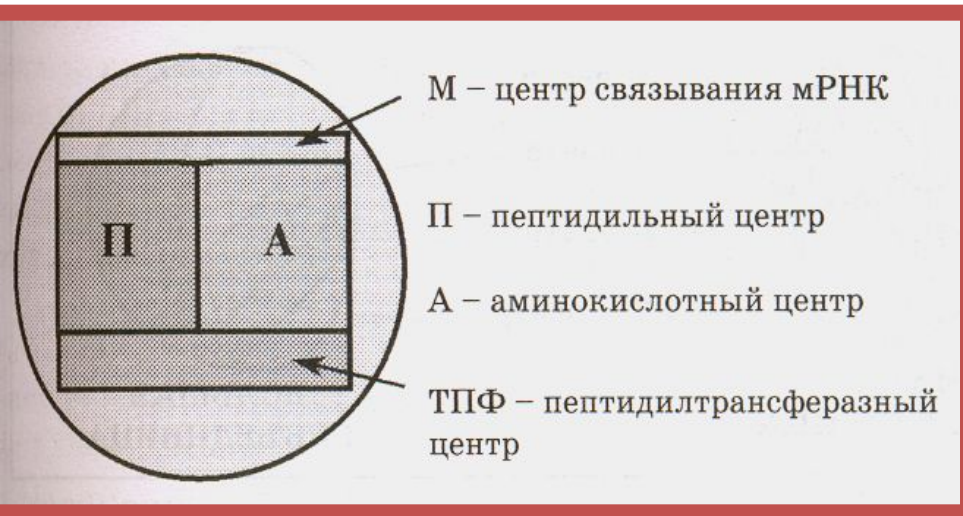
- Рибосома екі суббөліктен тұрады. Екі бөлік бірігіп, қосылғанда рибосоманың пішіні жүрекке ұқсайды. Оң жақта кіші суббөлігі, ал оң жағында-үлкені орналасады. Екеуінің арасындағы саңылауларда трансляцияға қатысатын а-РНҚ және аминқышқылдарды тасымалдайтын т-РНҚ орналасады.

Рибосома – р-РНҚ және ақуыздан тұратын күрделі, асимметриялы, төртінші құрылымдағы ірі молекула.

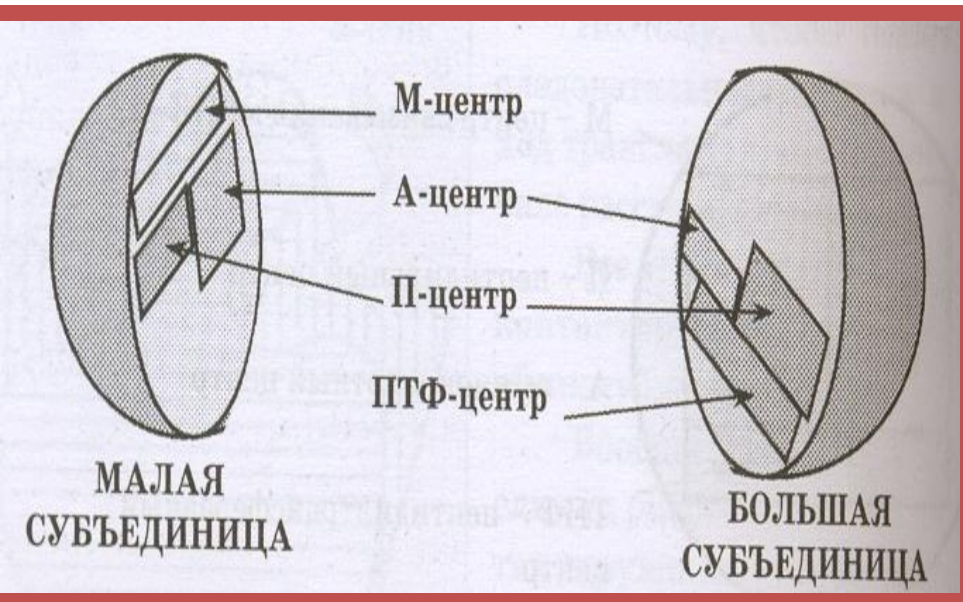
Рибосомада а-РНҚ жазылған генетикалық ақпаратқа сәйкес полипептидтік тізбек түзіледі.



Рибосоманың функциялық орталықтары:



← Рибосомадағы орталықтардың орналасуы.



← Функциялық орталықтардың рибосома суббөліктерінде орналасуы.

ТРАНСЛЯЦИЯҒА ҚАТЫСАТЫН ФАКТОРЛАР:

- Инициация факторлары (Initiation factor – IF);
- Элонгация факторлары (Elongation factor – EF);
- Терминация факторлары (Release factor – RF).
- Полипептидтік тізбектің синтезіне қатысатын факторлар трансляцияның нақты сатыларында ғана рибосомада болады.

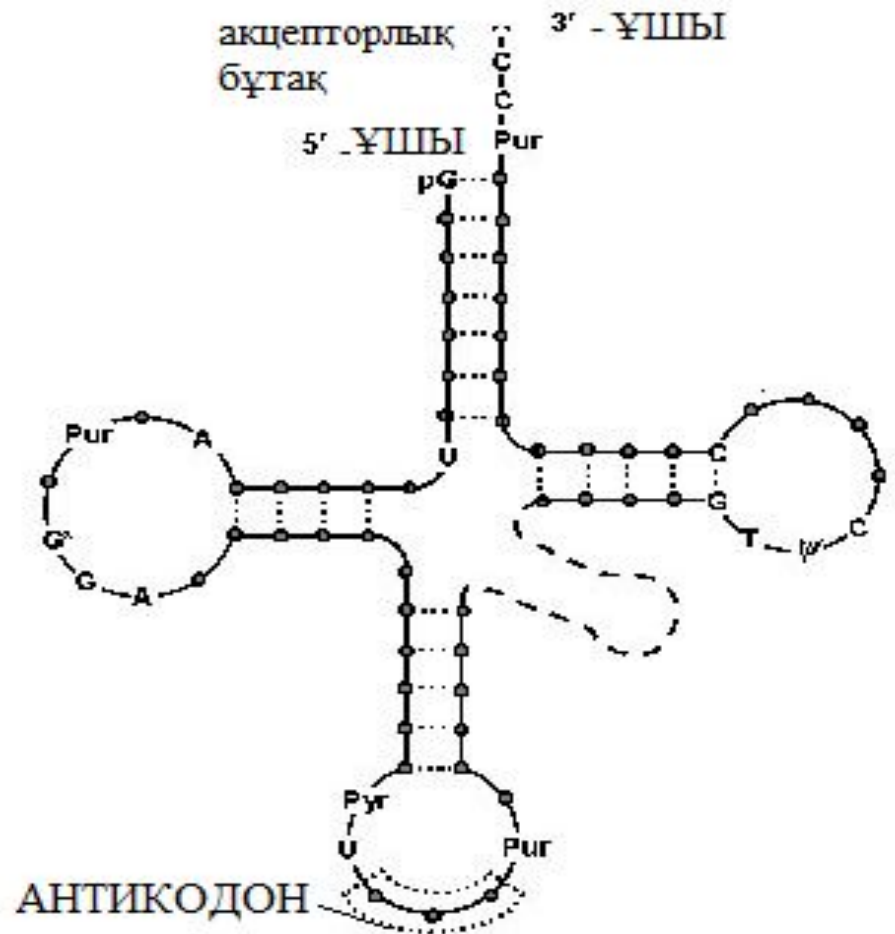
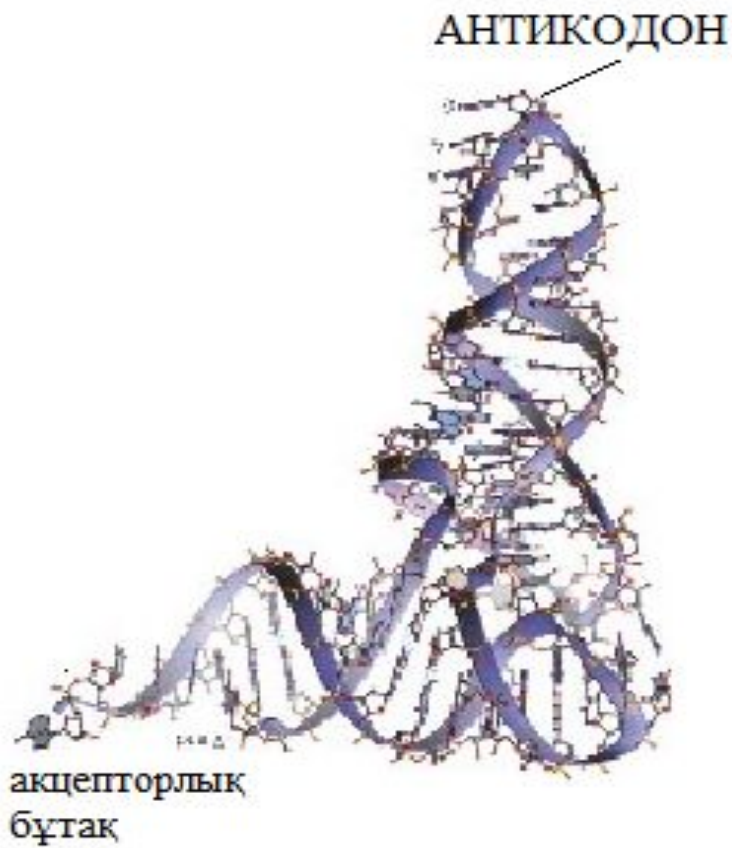
Ақуыздың синтезіндегі негізгі сатылар:

- Инициация немесе трансляцияның басталуы;
- Элангация немесе полипептидтік тізбектің ұзаруы;
- Терминация немесе трансляцияның аяқталуы;
- Полипептидтік тізбектің посттрансляциялық модификациясы.

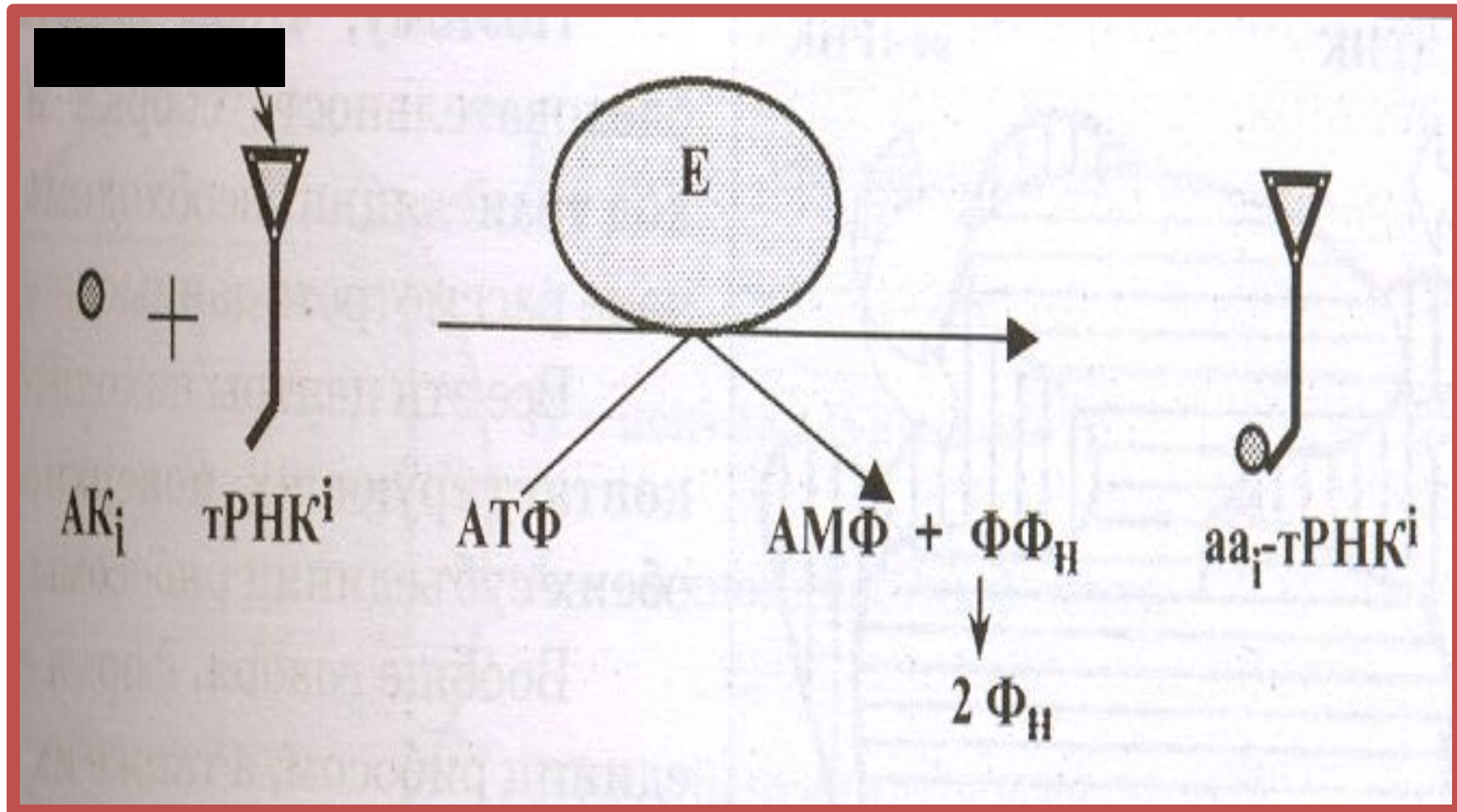
Трансляцияның басталуы мен инициациялық комплекстың түзілуі қатар жүреді:

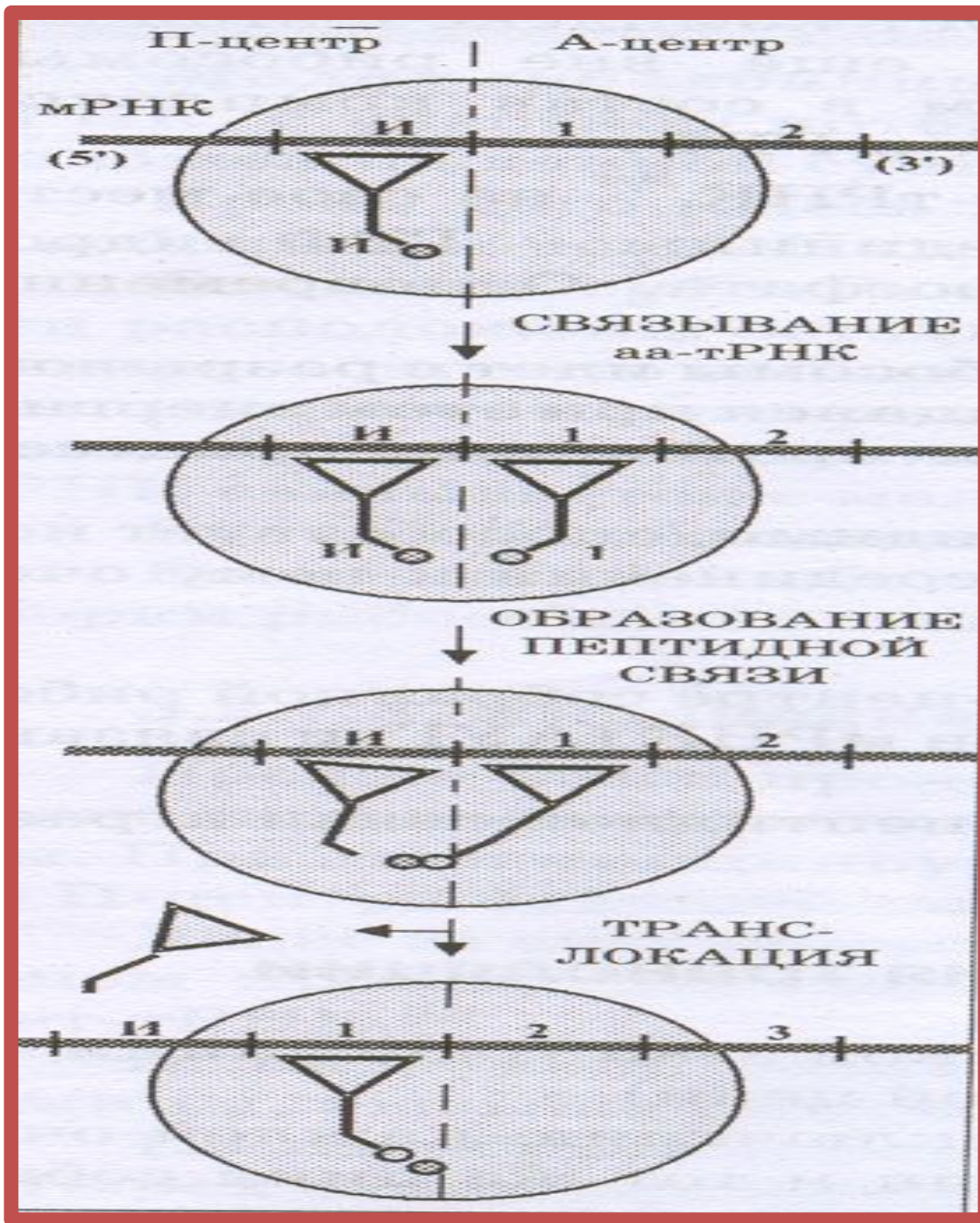
- м-РНҚ (өзінің 5' – трансляцияланбайтын учаскесімен) рибосоманың кіші суббөлігімен байланысады. Бұл кезде инициалайтын кодон (АУГ) болашақ рибосоманың П –орталығының деңгейінде орналасады.
- АУГ (метиониннің) кодоны комплементарлы түрде инициаторлық формил - метионинді тасымалдайтын аа-т-РНҚ-мен байланысады. Ал, бұл аа-т-РНҚ үлкен суббөліктің П-орталығымен байланысып, рибосоманың екі суббірлігін қосады, активті рибосома түзіледі.
- Оның түзілуіне ГТФ –ың гидролизденуінен бөлінген энергия жұмсалады. Инициацияның екі факторларының (eIF-1, eIF-2;) қатысумен жүреді.

Т РНҚ



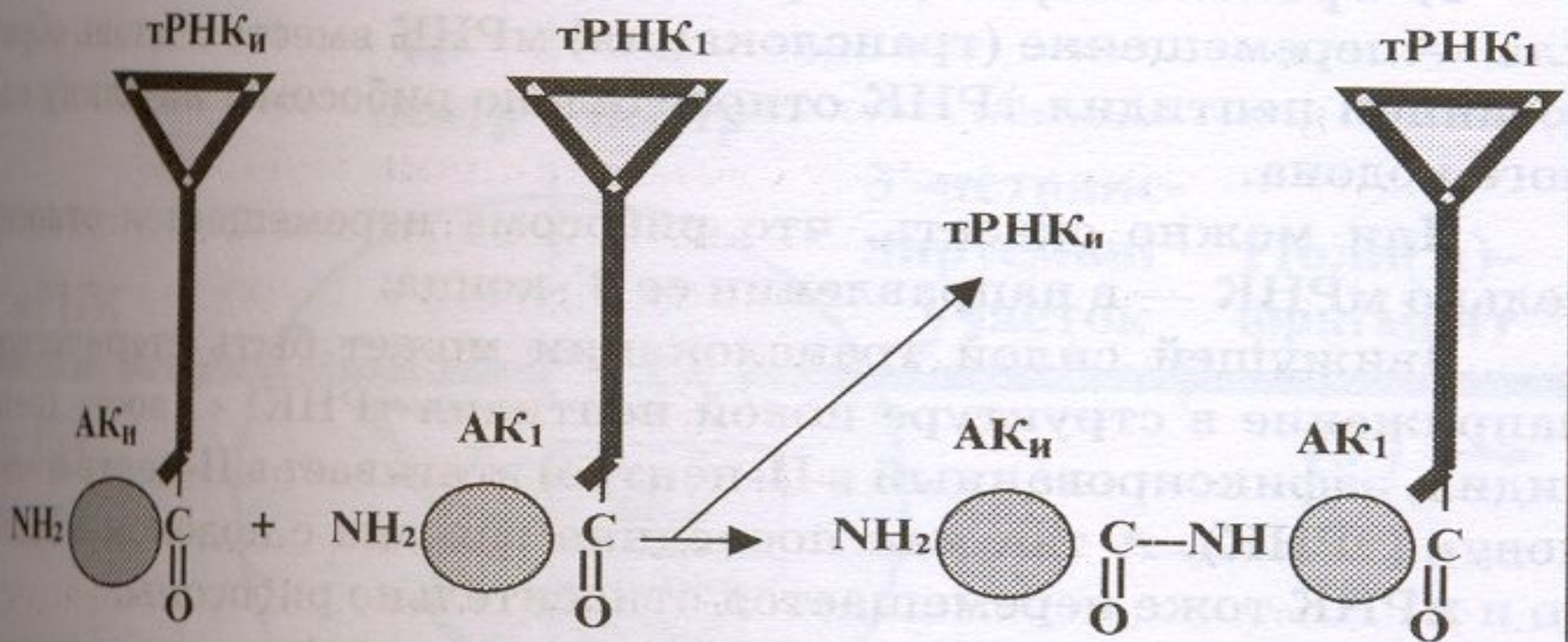
Аминқышқылдарының (АҚ) тРНҚ-мен
байланысуы;
Е – аминоацил-тРНҚ-синтететаза.



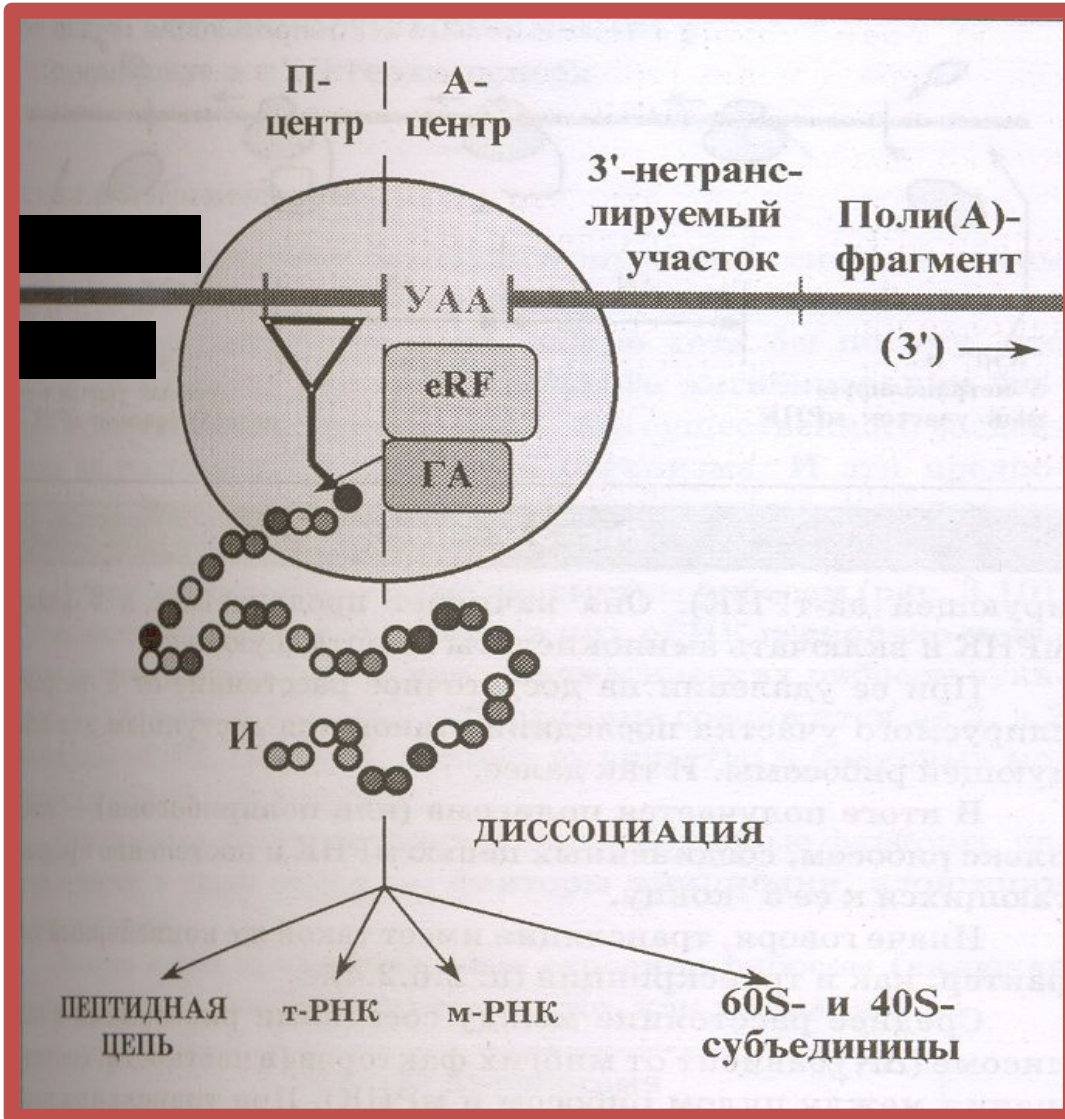


**Элонгация
циклының
сатылары:**

ПЕПТИДИЛТРАНСФЕРАЗАЛЫҚ РЕАКЦИЯНЫҢ КЕЗІНДЕ ПЕПТИДТІК БАЙЛАНЫСТЫҢ ТҮЗІЛУІ:



Трансляцияның терминациясы:



Рибосомада
“мағнасыз”
кодондардың:
УАА, УАГ немесе
УГА бірінің
пайда болуы
терми-
нацияның
сигналы болып
саналады.

- БҰЛ кодон терминацияның – е RF факторларымен танылады.
- Мұндай факторлар екеу:
 - 1. УАА и УАГ кодондар қатарларын танитын фактор– (У-А-Пур);
 - 2. УАА и УГА кодондар қатарларын танитын фактор– (У-Пур-А).
- е RF фактор өзінің антикодонын танып, ПТЦ *гидролаздық активтілігін (ГА)* стимулдейді, сондықтан т-РНҚ мен пептид арасындағы байланыс гидролизденеді.
- Содан соң пептидтік тізбек, т-РНҚ и м-РНҚ рибосомадан босайды. Ал рибосоманың суббөліктері диссоциаланады, бір-бірінен ажырайды.

Ақуыз синтезделу үшін рибосомаға қажет:

- Ақуыздың полипептидтік тізбегіндегі аминқышқылдары орналасу реті бар бағдарлама;
- Ақуыз түзілуіне керек аминқышқылдары;
- Энергия.
 - - цитоплазмадағы аминқышқылдары АТФ –тың ыдырауы нәтижесінде активтенеді,
 - - арнайы аминоксил-т-РНҚ-синтетаза ферментінің көмегімен т-РНҚ –ымен акцептірлененеді, ковалентті түрде байланысады.
 - - акцептірленген аминоксил-т-РНҚ рибосомаға ақуызды синтездеуге қатысады,
 - - аминқышқылы қалдықтары мен т-РНҚ арасындағы байланыс энергиясы пептидтік байластарды түзуге жұмсалады,
 - - информация, материал және энергия ағымдары рибосомада бірге кездесіп,
 - м РНҚ –дағы генетикалық ақпарат нуклеотидтер тілінен, түзілетін ақуыздың полипептидтік тізбегіндегі аминқышқылдар тіліне айналдырады.

Посттрансляциялық модификация

(фолдинг)

- Рибосомада синтезделген **ақуыз бірінші құрылымдық деңгейде** болады. Бұл **полипептидтік тізбек**, ешбір қызмет атқара алмайды. Функциялық белсенділік - ақуыздың **екінші, үшінші және төртінші құрылым деңгейлеріне** тән.
- **Екінші құрылымдық деңгейі** – тізбектегі аминқышқылдары арасында **сутектік байланыстардың көмегімен спираль** тәрізді ақуыз қалыптасады. Бұл деңгейдегі ақуыздарға **кератин, оссеин және т.б. белсенділігі аз ақуыздар** жатады.
- **Үшінші құрылымдық деңгейі** – гидрофобтық байланыстардың көмегімен **глобула тәріздес ақуыз** пайда болады. Бұл **құрылым ферменттерге** тән. Олардың активті домендері сыртында орналасады, биохимиялық реакцияларға қатысады.
- **Төртінші құрылым** – күрделі ақуыздарға, мысалы, **гемоглобиндерге** тән болады. **Глобулалар бірігіп конгломерат** түзеді.

Кері байланыс сұрақтары:

- Генетикалық код және оның қасиеттері.
- Трансляция қайда жүреді?
- Ол қандай сатылардан тұрады ?
- Биологиялық және медицинадағы маңыздары.